

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 987 894**

51 Int. Cl.:

A61L 2/00 (2006.01)

A61L 2/14 (2006.01)

A61L 2/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.04.2021** **PCT/EP2021/061331**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.11.2021** **WO21219820**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2021** **E 21722839 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2024** **EP 4142808**

54 Título: **Aparato de esterilización para producir plasma y radicales hidroxilo**

30 Prioridad:

30.04.2020 GB 202006383

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

18.11.2024

73 Titular/es:

CREO MEDICAL LIMITED (100.0%)
Creo House Unit 2, Beaufort Park, Beaufort Park
Way
Chepstow, Monmouthshire NP16 5UH, GB

72 Inventor/es:

HANCOCK, CHRISTOPHER PAUL;
ULLRICH, GEORGE;
WEBB, DAVID EDWARD;
TURNER, LOUIS;
HODGKINS, GEORGE;
PRESTON, SHAUN y
MEADOWCROFT, SIMON

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 987 894 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato de esterilización para producir plasma y radicales hidroxilo

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a sistemas de esterilización adecuados para uso clínico, por ejemplo, en el cuerpo humano, aparatos médicos o espacios de camas de hospital. Por ejemplo, la invención puede proporcionar un sistema que se puede usar para destruir o tratar determinadas bacterias y/o virus asociados al sistema biológico humano o animal y/o el entorno circundante. Esta invención es particularmente útil para esterilizar o descontaminar espacios cerrados o parcialmente cerrados.

Antecedentes de la invención

Las bacterias son organismos unicelulares que se encuentran en casi todas partes, existen en grandes cantidades y son capaces de dividirse y multiplicarse rápidamente. La mayoría de las bacterias son inofensivas, pero hay tres grupos dañinos; en concreto: cocos, espirilos y bacilos. Las bacterias cocos son células redondas, las bacterias espirilos tienen forma de espiral y las bacterias bacilos tienen forma de bastón. Las bacterias dañinas causan enfermedades tales como el tétanos y la fiebre tifoidea.

Los virus sólo pueden vivir y multiplicarse invadiendo otras células, es decir, no pueden sobrevivir por sí solos. Los virus causan enfermedades tales como resfriados, gripe, paperas y el SIDA. Los virus pueden transmitirse mediante contacto de persona a persona o mediante contacto con una región contaminada con gotitas respiratorias u otros fluidos corporales portadores de virus de una persona infectada.

Las esporas de hongos y pequeños organismos llamados protozoos pueden causar enfermedades.

La esterilización es un acto o proceso que destruye o elimina toda forma de vida, especialmente los microorganismos. Durante el proceso de esterilización por plasma, se producen agentes activos. Estos agentes activos son fotones ultravioleta de alta intensidad y radicales libres, que son átomos o conjuntos de átomos con electrones químicamente desparejados. Una característica atractiva de la esterilización por plasma es que es posible lograr la esterilización a temperaturas relativamente bajas, tal como la temperatura corporal. La esterilización por plasma tiene también el beneficio de que es segura para el operador y el paciente.

El plasma típicamente contiene electrones e iones cargados, así como especies químicamente activas, tal como ozono, óxidos nitrosos y radicales hidroxilo. Los radicales hidroxilo son mucho más eficaces para oxidar los contaminantes del aire que el ozono y son varias veces más germicidas y fungicidas que el cloro, lo que los convierte en un candidato muy interesante para destruir bacterias o virus y para realizar una descontaminación eficaz de objetos contenidos en espacios cerrados, por ejemplo, objetos o elementos asociados a un entorno hospitalario.

Los radicales OH contenidos dentro de una "macromolécula" de agua (por ejemplo, una gotita dentro de una niebla o neblina) son estables durante varios segundos y son 1.000 veces más eficaces que los desinfectantes convencionales en concentraciones comparables.

Un artículo de Bai *et al.* titulado "Experimental studies on elimination of microbial contamination by hydroxyl radicals produced by strong ionisation discharge" (*Plasma Science and Technology*, vol. 10, n.º 4, agosto de 2008) considera el uso de radicales OH producidos por fuertes descargas de ionización para eliminar la contaminación microbiana. En este estudio, se considera el efecto de esterilización sobre *E. coli* y *B. subtilis*. La suspensión bacteriana con una concentración de 10^7 ufc/ml (ufc = unidad formadora de colonias) se preparó y se usó una micropipeta para transferir 10 µl de las bacterias en forma líquida a placas de acero inoxidable estériles de 12 mm x 12 mm. El fluido bacteriano se distribuyó uniformemente sobre las placas y se dejó secar durante 90 minutos. A continuación, las placas se colocaron en una cápsula de vidrio esterilizada y se pulverizaron sobre las placas radicales OH con una concentración constante. Los resultados de este estudio experimental fueron:

1. Los radicales OH se pueden usar para causar daños irreversibles a las células y, en última instancia, matarlas;
2. El umbral potencial para eliminar microorganismos es de diez milésimas de los desinfectantes usados en el hogar o en el exterior;
3. La reacción bioquímica con OH es una reacción de radicales libres y el tiempo de reacción bioquímica para eliminar microorganismos es de aproximadamente 1 segundo, lo cual satisface la necesidad de una rápida eliminación de la contaminación microbiana, y el tiempo letal es aproximadamente una milésima parte del de los desinfectantes nacionales e internacionales actuales;
4. La densidad letal del OH es aproximadamente una milésima parte de la densidad de pulverización de otros desinfectantes; esto será útil para eliminar la contaminación microbiana de manera eficiente y rápida en espacios grandes, por ejemplo, áreas de camas; y
5. La nebulización de OH o las gotas de niebla oxidan las bacterias en CO₂, H₂O y sales microinorgánicas. El OH restante también se descompondrá en H₂O y O₂, por lo tanto, este método eliminará la contaminación microbiana

sin contaminación.

El documento WO 2009/060214 divulga un aparato de esterilización dispuesto de forma controlable para generar y emitir radicales hidroxilo. El aparato incluye un aplicador que recibe energía de RF o microondas, agua nebulizada y gas en una región generadora de radicales hidroxilo. La impedancia en la región generadora de radicales hidroxilo se controla para que sea alta para fomentar la creación de una descarga de ionización que a su vez genera radicales hidroxilo cuando hay agua nebulizada. El aplicador puede ser un conjunto coaxial o una guía de ondas. Un mecanismo de calibración dinámica, por ejemplo, integrado en el aplicador puede controlar la impedancia en la región generadora de radicales hidroxilo. Los medios de suministro para la niebla, el gas y/o la energía pueden integrarse entre sí.

El documento WO 2019/175063 A1 divulga un aparato de esterilización que usa plasma térmico o no térmico para desinfectar dispositivos de exploración quirúrgicos, tales como endoscopios, gastroscopios, laparoscopios y similares.

Sumario de la invención

En su forma más general, la invención proporciona un dispositivo de esterilización dispuesto para generar y desviar un plasma térmico o no térmico en un flujo de agua nebulizada para proporcionar una corriente que contiene radicales hidroxilo. La corriente puede dirigirse a una superficie u objeto para realizar la esterilización.

De acuerdo con la invención, se proporciona un dispositivo de esterilización para generar un flujo de radicales hidroxilo, comprendiendo el dispositivo de esterilización: una carcasa que define una ruta de flujo de fluido de agua nebulizada entre una entrada para recibir agua nebulizada y una salida para dirigir un flujo de radicales hidroxilo hacia una región a esterilizar; una punta de suministro de energía configurada para producir un plasma térmico o no térmico; una línea de transmisión coaxial montada en la carcasa y dispuesta para transmitir energía electromagnética (EM) de radiofrecuencia (RF) y/o de frecuencia de microondas a la punta de suministro de energía; y un conducto de gas montado en la carcasa y dispuesto para suministrar gas a la punta de suministro de energía, en donde la línea de transmisión coaxial comprende un conductor interno, un conductor externo y un material dieléctrico que separa el conductor interno del conductor externo, en donde la punta de suministro de energía se extiende desde un extremo distal de la línea de transmisión coaxial, y en donde la punta de suministro de energía comprende: un primer electrodo conectado eléctricamente al conductor interno de la línea de transmisión coaxial; y un segundo electrodo conectado eléctricamente al conductor externo de la línea de transmisión coaxial, en donde el segundo electrodo está configurado para definir un volumen interno de la punta de suministro de energía, en donde el primer electrodo se prolonga longitudinalmente dentro del volumen interno, en donde el primer electrodo y el segundo electrodo están configurados para: liberar la descarga de un plasma en el gas suministrado a la punta de suministro de energía, y dirigir el plasma hacia la ruta de flujo de fluido de agua nebulizada para formar radicales hidroxilo en el mismo.

Durante el uso, el dispositivo de esterilización está configurado para producir un plasma, que se dirige hacia una ruta de flujo de agua nebulizada para producir radicales hidroxilo para la esterilización. El dispositivo también puede ser capaz de usarse en ausencia del agua nebulizada, donde la esterilización se realiza solo por el plasma.

El plasma puede ser dirigido por el primer electrodo y el segundo electrodo en una dirección longitudinal paralela a un eje de la línea de transmisión coaxial. La ruta de flujo de agua nebulizada puede cruzarse con el plasma a medida que sale de la punta de suministro de energía. Como alternativa, el plasma puede desviarse por el primer electrodo y el segundo electrodo en una dirección transversal que cruce con una ruta de flujo de fluido de agua nebulizada dirigida longitudinalmente. Estas disposiciones facilitan una ruta de flujo de fluido de agua nebulizada dirigida longitudinalmente, que es útil para proporcionar un haz de esterilización dirigible.

El dispositivo puede ser una unidad portátil. Por ejemplo, la carcasa puede ser una unidad portátil, por ejemplo, que comprenda un mango o empuñadura. Proporcionar una unidad portátil puede facilitar la dirección del flujo de radicales hidroxilo para esterilizar cualquier superficie u objeto según sea necesario.

La punta de suministro de energía define ventajosamente una estructura bipolar (por ejemplo, coaxial) para producir un campo eléctrico alto a partir de la energía de frecuencia de microondas y/o RF recibida en el volumen interno para liberar la descarga de y soportar un plasma térmico o no térmico en el gas presente en el volumen. Por ejemplo, un pulso corto (por ejemplo, que tiene una duración de 10 ms o menos, por ejemplo, entre 1 ms y 10 ms) de energía de RF se puede usar para liberar la descarga de plasma. Se puede usar un pulso de microondas más largo para soportar el plasma.

Sin embargo, también puede ser posible liberar la descarga de plasma usando la energía de frecuencia de microondas, por ejemplo, mediante el uso de un resonador de microondas o un transformador de impedancia, es decir, un transformador de cuarto de onda que transforma una tensión baja en una tensión más alta para liberar la descarga de plasma usando una línea de transmisión de impedancia más alta que es un cuarto de onda (o un múltiplo impar del mismo) de longitud a la frecuencia de operación. Esta línea de alta impedancia puede conectarse para liberar la descarga de plasma y desconectarse (es decir, para volver a una línea de impedancia más baja) una vez que se ha liberado la descarga del plasma y se requiere que soporte el plasma. Se puede usar preferentemente un PIN de potencia o un diodo varactor para conmutar entre los dos estados, aunque puede ser posible usar un conmutador

coaxial o de guía de ondas.

Como alternativa, la punta de suministro de energía puede configurarse para liberar la descarga de y soportar el plasma usando únicamente energía de microondas mediante la provisión de dos transformadas de impedancia de cuarto de longitud de onda en el extremo distal de la línea de transmisión coaxial. Un primer transformador de cuarto de longitud de onda está configurado para reducir la impedancia de la línea de transmisión coaxial, por ejemplo, de 50 Ω a una impedancia objetivo (por ejemplo, 25 Ω o similar). Una vez liberada la descarga, el plasma en el volumen interno presentará una impedancia más baja y, por lo tanto, la transformación puede ayudar con el suministro de energía al plasma liberado para soportarlo.

A continuación, se proporciona un segundo transformador de cuarto de longitud de onda (el más distal) con una impedancia mucho más alta, por ejemplo, 200 Ω o más. El segundo transformador de cuarto de longitud de onda funciona para transformar la impedancia más baja en el extremo distal del primer transformador en una impedancia distal mucho más alta, por ejemplo, de 1600 Ω . Suponiendo una línea sin pérdidas y una potencia de microondas de entrada de 100 W, se puede lograr una tensión de 400 V en el extremo distal del segundo transformador de cuarto de longitud de onda. Las dimensiones del primer transformador de cuarto de longitud de onda se pueden configurar para proporcionar una tensión distal capaz de liberar la descarga de un plasma.

Preferentemente, la punta de suministro de energía está ubicada dentro de la carcasa. El primer electrodo y el segundo electrodo pueden definir una salida desde el volumen interno, en donde la salida está ubicada en o sobre la salida. El primer electrodo puede ser un elemento alargado que se extiende en la dirección longitudinal. Puede ser recto, o puede proporcionarse con otra forma. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el primer electrodo puede ser helicoidal. Opcionalmente, el primer electrodo puede estar formado por una porción del conductor interno que se extiende más allá de un extremo distal del conductor externo.

La punta de suministro de energía puede estar abierta en su extremo distal para formar la abertura para dirigir el plasma fuera de la punta de suministro de energía. En dichas realizaciones, el plasma se dirige fuera de la punta de suministro de energía en una dirección longitudinal. Como alternativa, la punta de suministro de energía puede comprender una caperuza conductora montada sobre el primer electrodo en un extremo distal del volumen interno, estando la caperuza conductora separada de un extremo distal del segundo electrodo para definir la salida para dirigir el plasma fuera del volumen interno y hacia la ruta de flujo de fluido, en donde el plasma se dirige radialmente hacia afuera de la punta de suministro de energía hacia el interior de la ruta de flujo de fluido. Por ejemplo, la ruta de flujo de fluido puede estar formada coaxialmente por la punta de suministro de energía. La caperuza conductora puede asegurar que el plasma se produzca de manera eficiente y ayuda a dirigir sustancialmente todo el plasma hacia la ruta de flujo de fluido para maximizar la producción de radicales hidroxilo. La caperuza conductora actúa eficazmente como una extensión del primer electrodo para la generación de plasma.

De manera ventajosa, la ruta de flujo de fluido se estrecha hacia la salida. De esta manera, la velocidad de los radicales hidroxilo puede aumentarse, de manera que los radicales se proyecten de manera más eficaz hacia una superficie u objeto que se va a esterilizar. En algunas realizaciones, particularmente cuando la punta de suministro de energía está ubicada en o cerca de la salida, el estrechamiento de la ruta de flujo asegura de esta manera que sustancialmente toda el agua nebulizada pase a través de un plasma para maximizar la producción de radicales hidroxilo.

Preferentemente, la punta de suministro de energía comprende además una caperuza aislante montada en un extremo distal de la línea de transmisión coaxial para aislar la línea de transmisión coaxial del volumen interno, y en donde el conducto de gas está en comunicación de fluido con el volumen interno a través de una ruta de flujo formada entre la caperuza aislante y el segundo electrodo. La caperuza aislante puede montarse dentro del segundo electrodo, por ejemplo, para definir un extremo proximal del volumen interno. La ruta de flujo puede comprender una pluralidad de aberturas en el segundo electrodo que permiten el flujo de gas alrededor de la caperuza aislante. La pluralidad de aberturas puede estar espaciada regularmente para facilitar un flujo uniforme de gas hacia el interior del volumen interno.

La caperuza aislante puede ayudar a garantizar que se genere plasma en una parte distal de la punta de suministro de energía y también puede ayudar a dirigir el plasma generado fuera de la punta de suministro de energía. En algunas realizaciones, la caperuza aislante puede tener un extremo distal achaflanado en la región de una abertura a través del segundo electrodo. Esto puede ayudar a aumentar la velocidad del gas a lo largo de la ruta de flujo del segundo electrodo, ayudando al rendimiento del gas y a la dirección del plasma fuera del extremo distal de la punta de suministro de energía.

El segundo electrodo puede ser un cilindro. Cada una de la pluralidad de aberturas puede comprender una muesca longitudinal en el cilindro. Por ejemplo, un extremo proximal del segundo electrodo puede ser almenado para proporcionar la pluralidad de aberturas.

La punta de suministro de energía puede comprender un material dieléctrico aislante ubicado entre el primer electrodo y el segundo electrodo en el volumen interno. El material dieléctrico puede ser una pieza de cuarzo u otro material similar de baja pérdida. Preferentemente, el material dieléctrico se proporciona como un cilindro para asentarse dentro

del segundo electrodo. El material dieléctrico provoca un aumento del campo eléctrico en el hueco lleno de gas junto al material dieléctrico de aislamiento, lo que ayuda a la producción de plasma. Además, el material dieléctrico reduce el tamaño del volumen interno de la punta de suministro de energía, lo que aumenta el caudal de gas a través de la misma y, por lo tanto, el plasma se proyecta más lejos de la punta de suministro de energía. Esto puede ser particularmente ventajoso en realizaciones donde el plasma se dirige hacia fuera de la punta longitudinalmente y/o donde el dispositivo está configurado para la esterilización usando solo plasma.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un aparato de esterilización que comprende un dispositivo de esterilización de acuerdo con el primer aspecto, un generador de niebla, un suministro de gas y un generador para suministrar energía electromagnética (EM) de radiofrecuencia (RF) y/o frecuencia de microondas al dispositivo de esterilización portátil. La energía EM de RF puede ser para liberar la descarga de plasma y puede recibirse como un pulso de alta tensión. La energía EM de microondas puede ser para soportar el plasma, es decir, para suministrar potencia en el plasma para mantener su estado de ionización. Esta también puede recibirse en forma de pulsos. El plasma puede recibir estos impulsos de forma repetida para producir un haz de plasma cuasi-continuo.

El generador de niebla puede comprender un transductor ultrasónico o un elemento de calentamiento. De esta manera, el generador de niebla puede suministrar una niebla (por ejemplo, humedad o niebla) al dispositivo de esterilización portátil para la producción de radicales hidroxilo a partir del agua. A medida que se proporciona agua nebulizada, el aparato no necesita usar ningún agente de limpieza químico, y así no se obtienen subproductos nocivos de la esterilización usando el presente aparato.

Preferentemente, el suministro de gas es un suministro de gas argón. Sin embargo, se puede elegir cualquier otro gas adecuado, por ejemplo, dióxido de carbono, helio, nitrógeno, una mezcla de aire y uno cualquiera de estos gases, por ejemplo, 10 % de aire/90 % de helio.

De manera ventajosa, el generador puede funcionar con una batería, de modo que el generador sea portátil. Preferentemente, el generador de niebla y el suministro de gas también son portátiles de modo que un usuario pueda operar fácilmente el aparato de esterilización, y la esterilización se pueda realizar fácilmente en cualquier entorno necesario.

En el presente documento, el término "interno" significa radialmente más cercano al centro (por ejemplo, eje) de la línea de transmisión coaxial, la punta de suministro de energía y/o el aplicador. El término "externo" significa radialmente más alejado del centro (eje) de la línea de transmisión coaxial, la punta de suministro de energía y/o el aplicador.

En el presente documento, el término "conductor" significa eléctricamente conductor, a menos que el contexto indique lo contrario.

En el presente documento, los términos "proximal" y "distal" se refieren a los extremos del aplicador. Durante el uso, el extremo proximal está más cerca de un generador para proporcionar la energía de RF y/o de microondas, mientras que el extremo distal está más alejado del generador.

En la presente memoria descriptiva, "microondas" puede usarse en sentido amplio para indicar un intervalo de frecuencia de 400 MHz a 100 GHz, pero preferentemente en el intervalo de 1 GHz a 60 GHz. Las frecuencias específicas que se han considerado son las siguientes: 915 MHz, 2,45 GHz, 3,3 GHz, 5,8 GHz, 10 GHz, 14,5 GHz y 25 GHz. Por el contrario, la presente memoria descriptiva usa "radiofrecuencia" o "RF" para indicar un intervalo de frecuencia que es, al menos, tres órdenes de magnitud menor, por ejemplo, hasta 300 MHz, preferentemente de 10 kHz a 1 MHz, y lo más preferentemente de 400 kHz. La frecuencia de microondas puede ajustarse para permitir optimizar la energía de microondas suministrada. Por ejemplo, puede diseñarse una punta de suministro de energía para funcionar a una determinada frecuencia (por ejemplo, 900 MHz), pero, durante el uso, la frecuencia más eficaz puede ser diferente (por ejemplo, 866 MHz).

Breve descripción de los dibujos

A continuación, las características de la invención se explican en la descripción detallada de los ejemplos de la invención que se dan a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de esterilización de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 2 es un diagrama de un aplicador;

la figura 3 es una vista en sección transversal del aplicador mostrado en la figura 2; y

la figura 4 es una vista en sección transversal de un segundo aplicador.

Descripción detallada; opciones y preferencias adicionales

Esta invención se refiere a un dispositivo para realizar esterilización usando radicales hidroxilo que se generan creando

un plasma en presencia de agua nebulizada.

La figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de esterilización 100 que es una realización de la presente invención. El aparato 100 es capaz de generar radicales hidroxilo (OH) para esterilizar una superficie o un área. Por ejemplo, el aparato 100 puede usarse para esterilizar aparatos médicos o espacios de camas de hospital.

El aparato 100 comprende un generador 102 que es capaz de suministrar de forma controlable energía de radiofrecuencia (RF) y/o microondas a un aplicador 104. El generador puede ser del tipo divulgado en el documento WO 2012/076844, por ejemplo. El generador 102 se conecta al aplicador 104 mediante un cable coaxial 106. El cable coaxial 106 comprende un conductor interno, un conductor externo y un material dieléctrico que separa el conductor interno del conductor externo. El cable coaxial 106 puede acoplar energía al aplicador 104 a través de un conector QMA o similar. En algunos ejemplos, el generador 102 puede estar dispuesto para monitorizar las señales reflejadas (es decir, la potencia reflejada) recibidas desde el aplicador 104 con el fin de determinar una señal apropiada para ser transmitida al aplicador 104. La energía de radiofrecuencia y/o microondas se usa en el aplicador 104 para liberar y soportar un plasma térmico o no térmico para generar radicales hidroxilo de una manera que se explica con más detalle a continuación. En algunos ejemplos, el plasma térmico o no térmico puede usarse directamente para esterilizar superficies.

El aparato 100 comprende además un generador de niebla 108, que está dispuesto para suministrar agua nebulizada (por ejemplo, humedad o neblina) al aplicador 104. El generador de niebla 108 puede generar una niebla por medio de un transductor ultrasónico, por ejemplo. Como alternativa, el generador de niebla 108 puede estar dispuesto para calentar agua para generar vapor o niebla que se pasará al aplicador 104. La niebla se suministra al aplicador 104 para generar radicales hidroxilo mediante un proceso que se explicará con más detalle a continuación. Al usar el generador de niebla 108 de esta manera, el aparato 100 se puede usar para esterilizar superficies u objetos sin el uso de ningún producto químico de limpieza, reduciendo los costes asociados con la esterilización y permitiendo que la esterilización se realice cuando los productos químicos de limpieza son escasos. El uso de radicales hidroxilo para la esterilización también garantiza que no se produzcan subproductos nocivos.

El generador de niebla 108 puede incluir una bomba u otra unidad impulsora de fluido para hacer que la niebla generada fluya hacia el aplicador 104.

Un suministro de gas 110 se conecta al aplicador 104 para suministrar gas para formar un plasma que se usa para generar radicales hidroxilo de una manera que se explicará a continuación. El suministro de gas 110 puede ser un suministro de cualquier gas inerte adecuado para la formación de un plasma térmico o no térmico, por ejemplo, argón, helio, nitrógeno, dióxido de carbono o una combinación de los mismos. El suministro de gas 110 puede configurarse para permitir el ajuste del caudal de gas que se suministra al aplicador 104. El suministro de gas puede suministrar entre 1,5 y 10 litros de gas por minuto, por ejemplo.

Puede que no sea esencial proporcionar una unidad de accionamiento independiente para el flujo de niebla. En cambio, la niebla puede difundirse naturalmente hacia el aplicador. La niebla puede ser arrastrada por un flujo de gas, que a su vez acelerará la velocidad de difusión de la niebla.

El caudal de gas puede estar en el intervalo de 1,5 a 15 litros/minuto, preferentemente entre 2 y 6 litros/minuto. El generador de niebla 108 puede estar dispuesto para generar suficiente niebla para que la niebla forme al menos el 2 % en volumen de la corriente combinada de gas/niebla. El caudal del gas puede controlarse para alcanzar una proporción deseada de gas y niebla en la corriente combinada.

En algunas realizaciones de la invención, se prevé que el generador 102, el generador de niebla 108 y el suministro de gas 110 pueden ser cada uno portátiles, y el aplicador 104 puede ser un aplicador portátil de modo que la presente invención proporciona un aparato de esterilización eficaz que es fácilmente transportable por un usuario.

El aplicador 104 se muestra con más detalle en las figuras 2 a 4 a continuación. Para esterilizar una superficie, se crea un plasma en el aplicador 104 aplicando energía desde el generador 102 al gas administrado desde el suministro de gas 110. Por ejemplo, Se puede usar energía de RF para liberar la descarga de un plasma y se puede usar energía de microondas para soportar el plasma. Por ejemplo, puede generarse plasma como se divulga en el documento WO 2009/060213. Simultáneamente con la generación de plasma, el agua nebulizada del generador de niebla 108 pasa a través de una carcasa del aplicador 104 a lo largo de una ruta de flujo de fluido que pasa a través del plasma para producir una pulverización 112 de radicales hidroxilo que salen del aplicador 104 para dirigirse a una superficie o a un área para la esterilización. En el documento WO 2009/060214 se divulgan ejemplos de generación de radicales hidroxilo de esta manera, por ejemplo.

La figura 2 muestra una vista esquemática de un primer aplicador 200 que puede usarse en una realización de la presente invención. En particular, la figura 2 muestra detalles sobre una punta de suministro de energía del aplicador 200. En la figura 3 se muestra una vista en sección transversal que muestra el aplicador de forma más general.

El aplicador 200 puede producirse a cualquier escala adecuada. Por ejemplo, el aplicador puede tener un tamaño que

permita que lo agarre una mano humana. Como alternativa, se puede fabricar una versión más grande adecuada para montar sobre un soporte. Durante el uso, la corriente de plasma y/o radicales OH emitida por el aplicador puede dirigirse a un volumen que se va a esterilizar, por ejemplo, el interior de un vehículo (por ejemplo, una ambulancia) o una cama de hospital o quirófano.

El aplicador 200 comprende una carcasa 202 generalmente alargada, que contiene componentes necesarios para generar radicales hidroxilo que se dirigen fuera de una salida distal 204 hacia una superficie u objeto a esterilizar. En realizaciones particularmente preferidas, el aplicador 200 puede ser sostenido con la mano por un usuario para pasar manualmente el aplicador 200 sobre la superficie u objeto.

Dentro de la carcasa 202, el aplicador 200 comprende una estructura de suministro de energía que comprende una línea de transmisión coaxial 206 que tiene una punta de suministro de energía 205 en un extremo distal de la misma. Un extremo proximal de la línea de transmisión coaxial 206 termina en un conector QMA 207 o similar dotado de tal manera que la energía de RF y/o microondas puede introducirse en la estructura de suministro de energía desde un generador, por ejemplo, a través de un cable como se ha analizado anteriormente en relación con la figura 1.

La línea de transmisión coaxial 206 comprende un conductor interno 208, un conductor externo 210 y un material dieléctrico 212 que separa el conductor interno 208 y el conductor externo 210. La línea de transmisión coaxial 206 se encuentra a lo largo de un eje longitudinal de la carcasa 202.

La punta de suministro de energía 205 comprende un primer electrodo 214 conectado eléctricamente al conductor interno 208, un segundo electrodo 216 conectado eléctricamente al conductor externo 210 y una caperuza terminal conductora 218, que está separada del extremo distal del segundo electrodo 216 para definir un hueco 220. En esta realización, el segundo electrodo 216 se proporciona como un cilindro hueco que está abierto en cada extremo, y el primer electrodo 214 se posiciona generalmente a lo largo del eje longitudinal del segundo electrodo 216. De este modo se define un espacio anular entre el primer electrodo 214 y el segundo electrodo 216.

El primer electrodo 214 puede estar formado por una extensión del conductor interno 208 de la línea de transmisión coaxial 206. El primer electrodo 214 es preferentemente recto, aunque en algunos ejemplos el primer electrodo 214 puede proporcionarse en otras formas. Por ejemplo, el primer electrodo 214 puede ser un electrodo helicoidal.

La caperuza terminal conductora 218 es un disco de material conductor (por ejemplo, cobre, plata, oro o acero chapado) que está conectado eléctricamente al primer electrodo 214 y tiene una forma que se coloca sobre la boca de la abertura hacia el segundo electrodo 216. La caperuza terminal conductora 218 se desplaza desde el extremo distal del segundo electrodo 216 en la dirección longitudinal para formar el hueco 220. El hueco 220 es más pequeño que la separación radial del primer electrodo 214 y el segundo electrodo 216, es decir, la distancia radial entre la superficie externa del primer electrodo 214 y la superficie interna del cilindro hueco que forma el segundo electrodo 216. Por ejemplo, el hueco 220 entre la caperuza terminal 218 y el segundo electrodo 216 puede tener una longitud en la dirección longitudinal de aproximadamente 0,5 mm.

El primer electrodo 214, el segundo electrodo 216 y la caperuza terminal conductora 218 están configurados de tal manera que, cuando se suministra energía (por ejemplo, una señal de RF) a la línea de transmisión coaxial 206, se establece una condición de alta tensión en y alrededor del hueco 220. La señal de entrada puede controlarse para hacer que la tensión sea lo suficientemente alta en el hueco 220 para liberar la descarga de un plasma en el gas que fluye a través o más allá de una superficie externa de la punta de sonda 205.

El efecto de la geometría de la caperuza terminal 218 es crear una región de generación de plasma dentro de la punta de sonda 205 en su extremo distal. El plasma térmico o no térmico puede ser liberado y soportado en esta región a través del suministro adecuado de energía de RF y microondas a través de la línea de transmisión coaxial 206 como es conocido.

Como se analiza a continuación, en esta realización el gas a partir del cual se forma el plasma se suministra al espacio anular formado entre el primer electrodo 214 y el segundo electrodo 216. El gas fluye a través de la punta de sonda 205 en la dirección longitudinal. En la región de generación de plasma, el gas o plasma es desviado por la caperuza terminal 218 en una dirección radial para cruzarse con una ruta de flujo 226 de agua nebulizada, como se describe a continuación.

Dentro del segundo electrodo 216, posicionado en el extremo distal de la línea de transmisión coaxial 206, hay una caperuza de cerámica 222 generalmente cilíndrica, que puede extenderse aproximadamente 2 mm en la dirección distal más allá del extremo del material dieléctrico 212. En algunas realizaciones, el primer electrodo 214 puede estar conectado al conductor interno 208 de la línea de transmisión coaxial 206 mediante un elemento conductor que se extiende a través de la caperuza de cerámica 222.

Se forma un conducto de gas 224 alrededor de la línea de transmisión coaxial 206 para suministrar gas a la punta de suministro de energía. En un extremo proximal del aplicador 200, el conducto de gas 224 comprende un conector 225 para recibir gas del suministro de gas 110. El gas puede fluir desde el conducto de gas 224 hasta el interior del segundo

electrodo 216 a través de las almenas o aberturas 217 que se forman en el extremo proximal del segundo electrodo 216. Puede ser deseable tener una pluralidad de almenas o aberturas espaciadas regularmente en torno a la circunferencia del segundo electrodo 216 de modo que el flujo de gas hacia la punta de suministro de energía sea sustancialmente uniforme en torno al eje longitudinal.

5 Alrededor del conducto de gas 224, se forma una ruta de flujo de fluido 226 en la carcasa del aplicador 202 para dirigir el agua nebulizada desde una entrada 227 hasta la salida 204. Como se muestra en la figura 2, la ruta de flujo de fluido 226 generalmente se estrecha en una dirección distal hacia la salida 204. Esto cumple la doble función de poner el agua nebulizada en contacto con el plasma que se emite desde el hueco 220 y de aumentar el caudal de la niebla.

10 El plasma provoca la generación de radicales hidroxilo en el agua nebulizada, que a continuación se expulsan a través de la salida 204 como un flujo o pulverización dirigida.

15 Durante el uso, el suministro de gas 110 se hace funcionar para pasar gas al aplicador 200 y a través del conducto de gas 224. La caperuza cerámica 222 tiene una cara distal achaflanada para estimular el flujo de gas desde el conducto de gas 224 hacia el segundo electrodo 216 para pasar entre el primer electrodo 214 y el segundo electrodo 216, donde se libera la descarga de un plasma térmico o no térmico. Por ejemplo, se puede liberar la descarga de un plasma usando energía de RF y soportarlo usando energía de microondas. Por supuesto, se prevé que en algunas realizaciones se pueda usar energía de RF o de microondas para liberar la descarga del plasma y soportarlo. La energía suministrada para soportar el plasma puede controlarse para mantener el plasma en un estado preferido, por ejemplo, como un plasma no térmico.

20

Al mismo tiempo que se produce el plasma, el generador de niebla 108 hace pasar gas al aplicador 200 para proporcionar un flujo de agua nebulizada a lo largo de la ruta de flujo de fluido 226. El plasma sale del segundo electrodo 216 a través del hueco 220, que forma una salida circunferencial para dirigir el plasma hacia la ruta de flujo de fluido 226 de agua nebulizada que pasa a través del aplicador 200. El plasma se muestra en la figura 3 mediante las flechas 229. A medida que el agua nebulizada pasa a través del plasma, las moléculas de agua se ionizan para producir radicales hidroxilo que pasan a través de la salida 204 y hacia una superficie u objeto a esterilizar.

25

La figura 4 muestra una vista en sección transversal de un segundo aplicador 300 que puede usarse en una realización de la invención. En particular, el aplicador 300 está adaptado de tal manera que puede usarse para esterilizar superficies u objetos usando radicales hidroxilo o usando un plasma térmico o no térmico que se emite desde el aplicador 300. Las características del segundo aplicador 300 que se corresponden con el primer aplicador 200 han recibido los mismos números de referencia y no se describen de nuevo.

30

El aplicador 300 comprende una punta de suministro de energía 305 conectada al extremo distal de una línea de transmisión coaxial 206. La punta de suministro de energía 305 está configurada para producir un plasma térmico o no térmico que pasa a través de la salida 204 del aplicador 300. De esta manera, el aplicador 300 puede usarse para la esterilización usando solo plasma cuando se activa un suministro de gas, tal como el suministro de gas 110, o puede funcionar para producir radicales hidroxilo cuando se activan tanto el suministro de gas como un generador de niebla, tal como el generador de niebla 108.

35

40

La punta de suministro de energía 305 comprende un primer electrodo 302 conectado al conductor interno 208 de la línea de transmisión coaxial 206. En algunas realizaciones, el primer electrodo 302 puede ser una continuación del conductor interno 208. Un segundo electrodo 304 está conectado al conductor externo 210 de la línea de transmisión coaxial 206. En esta realización, el segundo electrodo 304 se proporciona como un cilindro hueco que está abierto en cada extremo, y el primer electrodo 302 se posiciona generalmente a lo largo del eje longitudinal del segundo electrodo 304. En la realización mostrada, el primer electrodo 302 tiene una longitud de 20 mm, y el extremo distal del primer electrodo 302 está a 2 mm del extremo distal del segundo electrodo 304. El espaciado entre el primer electrodo 302 y el segundo electrodo 304 en la dirección radial es de aproximadamente 1,3 mm. El primer electrodo 302 y el segundo electrodo 304 están dispuestos para definir una región anular 308 entre los mismos para recibir gas desde una entrada de gas 310, en donde se forma un conducto de gas desde la entrada de gas, a través del segundo electrodo 304 y hacia la región anular 308 entre el primer electrodo 302 y el segundo electrodo 304.

45

50

En un extremo distal de la punta de suministro de energía 305, se posiciona un tubo de cuarzo 312 dentro de la región anular 308, con un hueco entre el tubo de cuarzo 312 y el primer electrodo 302 a través del cual puede fluir el gas. Por ejemplo, el tubo de cuarzo 312 puede tener una longitud de 12,35 mm y puede estar ubicado de manera que el extremo distal del tubo de cuarzo 312 sea colindante con el extremo distal del segundo electrodo 304. Al posicionar el tubo de cuarzo 312 de esta manera, el campo eléctrico en el hueco lleno de gas entre el primer electrodo 302 y el segundo electrodo 304 se aumenta para facilitar una liberación de descarga de plasma. Por lo tanto, la región dentro del tubo de cuarzo 312 es una región de generación de plasma.

55

60

En un extremo proximal de la punta de suministro de energía, se proporciona un elemento aislante para separar la línea de transmisión coaxial 206 y la región de generación de plasma. El elemento aislante en este ejemplo comprende una caperuza de cerámica 314 que se asienta alrededor de una región proximal del primer electrodo 302. Hay un hueco entre la caperuza 314 y el segundo electrodo 304 para proporcionar un conducto para que el gas fluya hacia la punta de suministro de energía desde la entrada 310. Por ejemplo, la caperuza 314 puede tener una longitud de 8 mm

65

y un diámetro externo de aproximadamente 4,3 mm. La caperuza 314 se proporciona para evitar que el plasma se libere en el extremo proximal de la punta de suministro de energía. En algunos ejemplos, el extremo distal de la caperuza 314 puede estar achaflanado para fomentar que el gas fluya entre el tubo de cuarzo 312 y el primer electrodo 302, donde se libera la descarga del plasma.

Un extremo distal del segundo electrodo 304 está abierto para formar una salida para el plasma generado dentro de la punta de suministro de energía. De esta manera, el plasma se dirige en una dirección longitudinal desde la punta de suministro de energía hacia la salida 204 del aplicador 300. Esto se muestra en la figura 4 como una columna 316 de plasma que se proyecta hacia afuera desde la salida 204 donde puede dirigirse sobre una superficie o un objeto por un usuario para la esterilización.

El aplicador 300 puede usarse en un primer modo para la esterilización usando radicales hidroxilo, o en un segundo modo para la esterilización usando plasma.

En un primer modo, el suministro de gas 110 se hace funcionar para pasar gas al aplicador 300 a través de la entrada 310. El gas pasa a la región entre el primer electrodo 302 y el tubo de cuarzo 312 donde se libera la descarga de un plasma. Por ejemplo, se puede liberar la descarga de un plasma usando energía de RF y soportarlo usando energía de microondas. Por supuesto, se prevé que en algunas realizaciones se pueda usar energía de RF o de microondas para liberar la descarga del plasma y soportarlo. Al mismo tiempo que se produce el plasma, el generador de niebla 108 hace pasar agua nebulizada al aplicador 300 a través de una entrada de niebla 318 para proporcionar un flujo de agua nebulizada a lo largo de la ruta de flujo de fluido 226. El plasma sale del segundo electrodo 216 en una dirección longitudinal, dirigiendo el plasma hacia la ruta de flujo de fluido 226 de agua nebulizada que pasa a través de la salida 204. A medida que el agua nebulizada pasa a través de la columna de plasma 316, las moléculas de agua se ionizan para producir radicales hidroxilo que pasan a través de la salida 204 y hacia una superficie u objeto a esterilizar.

El segundo modo comprende las mismas etapas que el primer modo, pero no se suministra agua nebulizada al aplicador 300, de modo que solo se produce un plasma térmico o no térmico como columna 316 dirigida hacia afuera de la salida 204. La columna 316 de plasma puede pasarse directamente sobre superficies por un usuario para su esterilización.

Las características divulgadas en la descripción anterior, o en las siguientes reivindicaciones, o en los dibujos adjuntos, expresadas en sus formas específicas o en términos de un medio para realizar la función divulgada, o un método o proceso para obtener los resultados divulgados, según sea apropiado, pueden, por separado, o en cualquier combinación de tales características, utilizarse para realizar la invención en diversas formas de la misma.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de esterilización (200, 300) para generar un flujo de radicales hidroxilo, comprendiendo el dispositivo de esterilización (200, 300):

una carcasa (202) que define una ruta de flujo de fluido de agua nebulizada entre una entrada (227) para recibir agua nebulizada y una salida (204) para dirigir un flujo de radicales hidroxilo hacia una región a esterilizar; una punta de suministro de energía (205, 305) configurada para producir un plasma térmico o no térmico; una línea de transmisión coaxial (206) montada en la carcasa (202) y dispuesta para transmitir energía electromagnética (EM) de radiofrecuencia (RF) y/o de frecuencia de microondas a la punta de suministro de energía (205, 305); y un conducto de gas (224) montado en la carcasa (202) y dispuesto para suministrar gas a la punta de suministro de energía (205, 305), en donde la línea de transmisión coaxial (206) comprende un conductor interno (208), un conductor externo (210), y un material dieléctrico (212) que separa el conductor interno (208) del conductor externo (210), en donde la punta de suministro de energía (205, 305) se extiende desde un extremo distal de la línea de transmisión coaxial (206), y en donde la punta de suministro de energía (205, 305) comprende:

un primer electrodo (214, 302) conectado eléctricamente al conductor interno (208) de la línea de transmisión coaxial (206); y un segundo electrodo (216, 304) conectado eléctricamente al conductor externo (210) de la línea de transmisión coaxial (206), en donde el segundo electrodo (216, 304) está configurado para definir un volumen interno de la punta de suministro de energía, en donde el primer electrodo (214, 305) se extiende longitudinalmente dentro del volumen interno,

en donde el primer electrodo (214, 302) y el segundo electrodo (216, 304) están configurados para: liberar la descarga de un plasma en el gas suministrado a la punta de suministro de energía (205, 305), y dirigir el plasma hacia la ruta de flujo de fluido de agua nebulizada para formar radicales hidroxilo en el mismo.

2. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la punta de suministro de energía (205, 305) está ubicada dentro de la carcasa (202).

3. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el primer electrodo (214, 302) y el segundo electrodo (216, 304) definen una salida desde el volumen interno, en donde la salida está situada en o sobre la salida (204).

4. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el primer electrodo (214) está formado a partir de una longitud del conductor interno (208) que se extiende más allá de un extremo distal del conductor externo (210).

5. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el primer electrodo (214) comprende una caperuza terminal conductora (218) montada más allá de un extremo distal del segundo electrodo (216), estando la caperuza terminal conductora (214) configurada para desviar el plasma transversalmente hacia la ruta de flujo de fluido de agua nebulizada.

6. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la ruta de flujo de fluido de agua nebulizada se estrecha hacia la salida (204).

7. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la punta de suministro de energía (205, 305) comprende además una caperuza aislante (222, 314) montada en un extremo distal de la línea de transmisión coaxial (206) para aislar la línea de transmisión coaxial (206) del volumen interno, y en donde el conducto de gas (224) incluye una trayectoria de fluido formada entre la caperuza aislante (222, 314) y el segundo electrodo (216, 304).

8. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la caperuza aislante (222) está montada dentro del segundo electrodo, y en donde la trayectoria de fluido comprende una pluralidad de aberturas en el segundo electrodo (216, 304) que permiten el flujo de gas alrededor de la caperuza aislante (222).

9. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el segundo electrodo (216, 304) es un cilindro, y cada una de la pluralidad de aberturas comprende una muesca en el cilindro.

10. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde un extremo proximal del segundo electrodo (216, 304) está almenado para proporcionar la pluralidad de aberturas.

11. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la punta de

suministro de energía (205, 305) comprende un material dieléctrico aislante (314) situado entre el primer electrodo (214, 302) y el segundo electrodo (216, 304) en el volumen interno.

5 12. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el material dieléctrico (314) es cuarzo.

13. Un dispositivo de esterilización (200, 300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la carcasa (202) está configurada como una unidad portátil.

10 14. Un aparato de esterilización (100) que comprende:

Un dispositivo de esterilización (104, 200, 300) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12;
un generador de niebla (108);
un suministro de gas (110); y

15 un generador (102) para suministrar energía electromagnética de radiofrecuencia (RF) y/o de frecuencia de microondas al dispositivo de esterilización (104, 200, 300).

15 15. Un aparato de esterilización (100) de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el generador de niebla (108) comprende:

20 un transductor ultrasónico, o
un elemento de calentamiento.

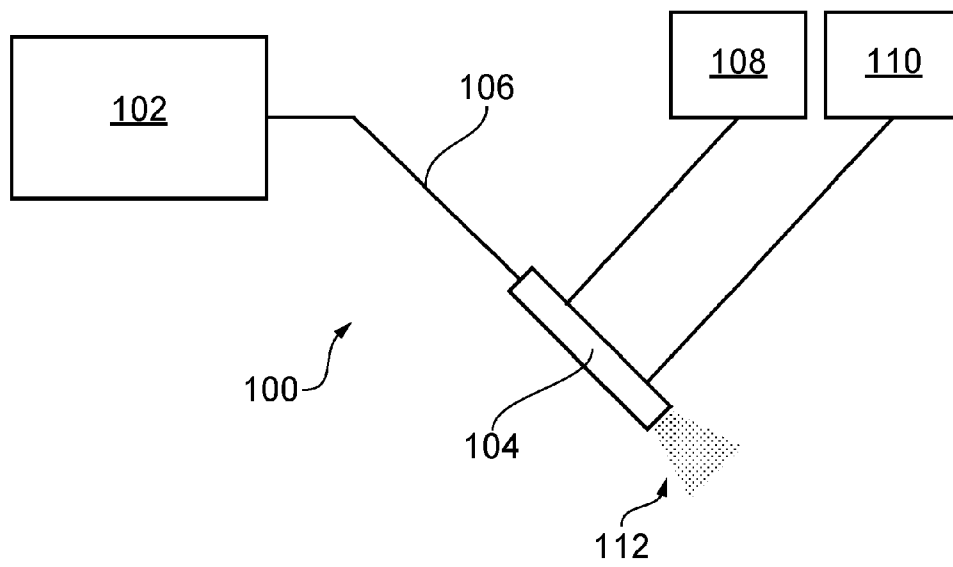


FIG. 1

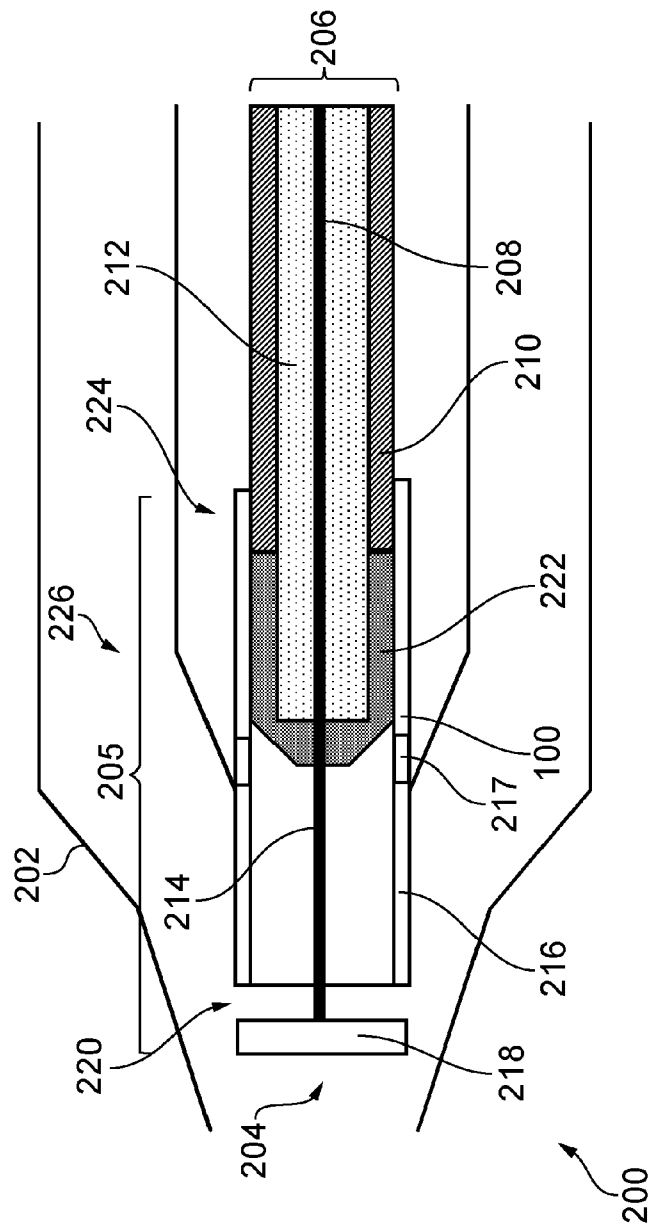


FIG. 2

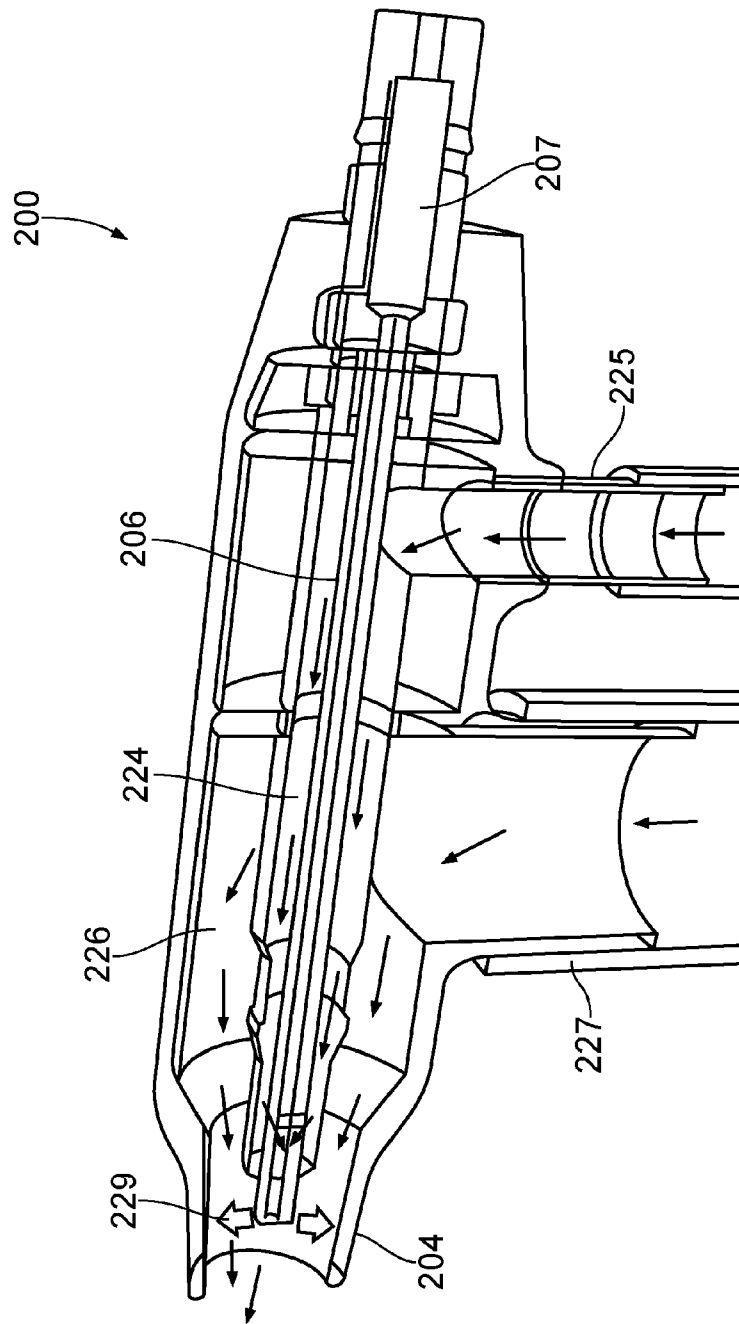


FIG. 3

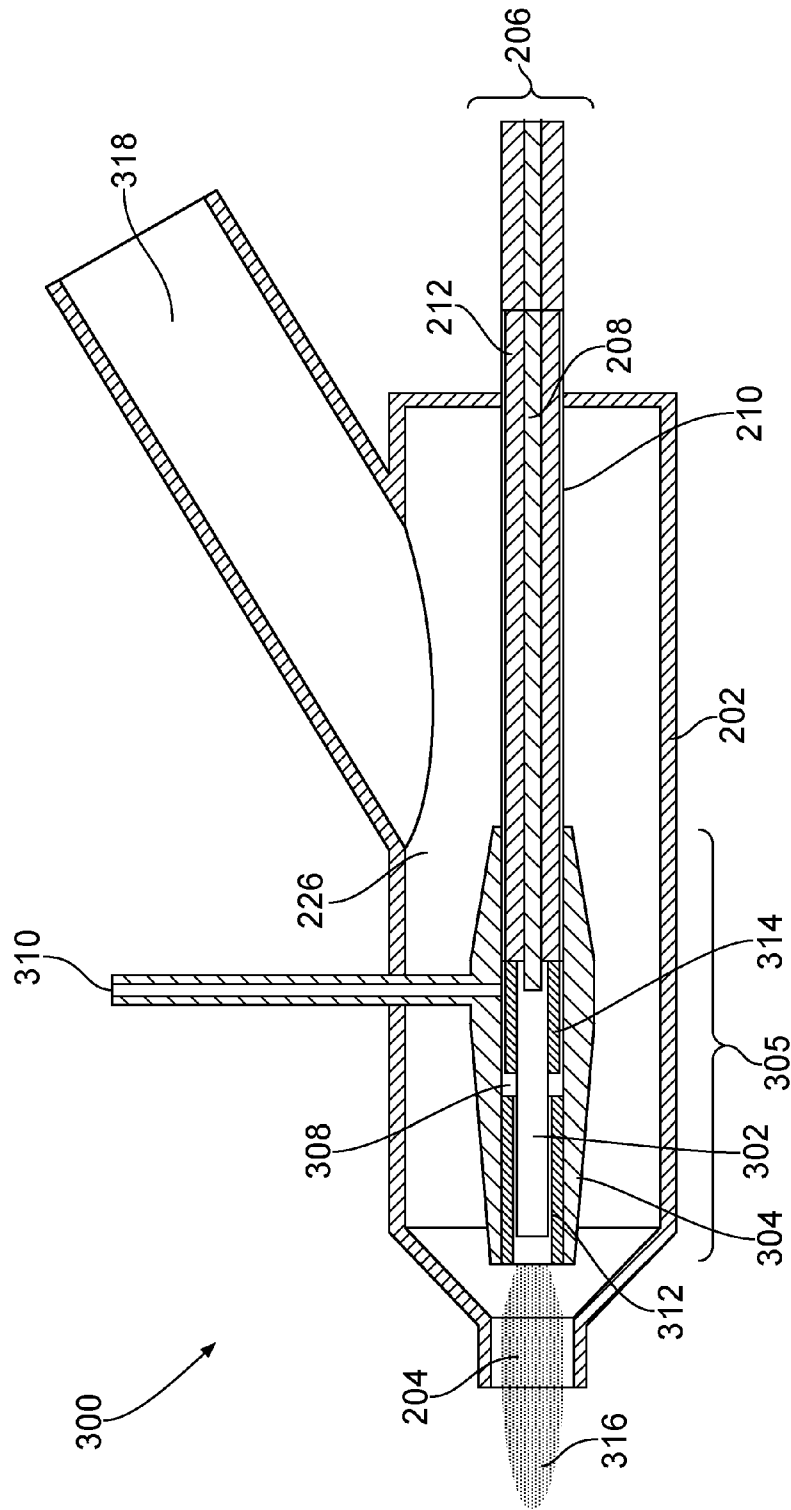


FIG. 4